

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-83869

(P2002-83869A)

(43) 公開日 平成14年3月22日 (2002.3.22)

(51) Int.Cl.

識別記号

F 1

テ-マ-ト (参考)

H 0 1 L 21/768

H 0 1 L 21/318

X 5 F 0 3 3

21/316

21/318

B 5 F 0 5 8

21/318

21/90

A

M

審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号

特願2000-274426 (P2000-274426)

(71) 出願人 000219967

東京エレクトロン株式会社

東京都港区赤坂5丁目3番6号

(22) 出願日

平成12年9月11日 (2000.9.11)

(72) 発明者 赤堀 孝

神奈川県津久井郡城山町町屋1丁目2番地

41 東京エレクトロン宮城株式会社内

(72) 発明者 鄭 基市

山梨県塩崎市穂坂町三ツ沢650 東京エ

レクトロン株式会社内

(74) 代理人 100095407

弁理士 木村 満 (外1名)

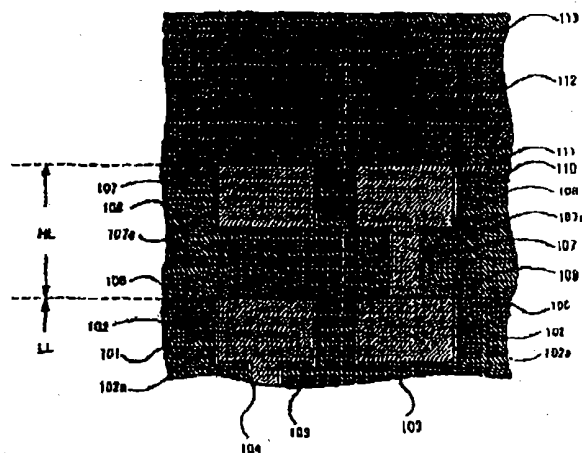
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体装置及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 低誘電率の、ダマシン法に適したエッチングストップ膜を備えた、信頼性の高い半導体装置及びその製造方法を提供する。

【解決手段】 下層の配線層LLの上に、トレンチホール108及びビアホール109に埋め込まれたCu層107を有する最上層の配線層HLをダマシン法により形成する。ダマシン法で用いるエッチングストップ膜110としては、SiとCとNとを主要元素として含む膜 (SiCN系膜) を用いる。このSiCN系エッチングストップ膜は、低誘電率 (5~5.5) を有し、かつ、層間絶縁膜106に対して十分なエッチング選択比が取れる。さらに、Cu拡散性が低いので、信頼性の高い配線が形成される。



【特許請求の範囲】

【請求項1】複数の溝又は穴を有する低誘電率の第1の絶縁層と、

前記第1の絶縁層上に形成され、前記複数の溝又は穴と重なる複数の開口を有し、SiとCとNとを主たる含有元素とする第2の絶縁層と、

前記複数の溝又は穴と前記複数の開口とから形成される複数の配線溝又は穴に埋め込まれた導体層と、を備えたことを特徴とする半導体装置。

【請求項2】前記第2の絶縁層は、Si原子の数に対するC原子の数の比が0.2~0.8であり、かつ、Si原子の数に対するN原子の数の比が0.15~1.0であることを特徴とする請求項1に記載の半導体装置。

【請求項3】前記第1の絶縁層は、フッ化酸化ケイ素又はフッ化カーボンから構成されることを特徴とする請求項1又は2に記載の半導体装置。

【請求項4】前記導体層は、Cuから構成されることを特徴とする請求項1乃至3のいずれか1項に記載の半導体装置。

【請求項5】前記配線溝又は穴にはバリアメタル層が形成され、前記導体層は、前記バリアメタル層の上に形成されていることを特徴とする請求項1乃至4のいずれか1項に記載の半導体装置。

【請求項6】さらに、前記第2の絶縁層及び前記導体層の上に形成された、前記第2の絶縁層と同一の構成を有する第3の絶縁層を備えたことを特徴とする請求項1乃至5のいずれか1項に記載の半導体装置。

【請求項7】第1の絶縁層を形成する工程と、前記第1の絶縁層上に、SiとCとNとを主たる含有元素とする第2の絶縁層を形成する工程と、

前記第1の絶縁層の表面が部分的に露出するよう、前記第2の絶縁層を選択的にエッチングして開口を形成する工程と、

前記選択的にエッチングされた第2の絶縁層をマスクとして前記第1の絶縁層をエッチングして、配線溝又は穴を形成する工程と、

前記開口及び前記配線溝又は穴を埋めて導体層を形成する工程と、

前記導体層を、前記第2の絶縁層をストップパとして研磨する工程と、を備えたことを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項8】前記第2の絶縁層は、Si原子の数に対するC原子の数の比が0.2~0.8であり、かつ、Si原子の数に対するN原子の数の比が0.15~1.0であることを特徴とする請求項7に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項9】前記第1の絶縁層は、フッ化酸化ケイ素又はフッ化カーボンから構成されることを特徴とする請求項7又は8に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項10】前記導体層は、Cuから構成されること

を特徴とする請求項7乃至9のいずれか1項に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項11】さらに、前記導体層と、前記開口及び前記配線溝又は穴との間にバリアメタル層を形成する工程を備えることを特徴とする請求項7乃至10に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項12】さらに、前記第2の絶縁層及び前記導体層の上に、前記第2の絶縁層と同一の構成を有する第3の絶縁層を形成する工程を備えることを特徴とする請求項7乃至11のいずれか1項に記載の半導体装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体装置及び半導体装置の製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】半導体集積回路の高性能化のために、配線の高速化が進められている。配線の高速化には、層間絶縁膜の低誘電率化及び配線抵抗の低減が有効な手段である。低誘電率の層間絶縁膜としては、SiOF膜（約3.5）等が従来のSiO<sub>2</sub>膜（約4.0）に代わって用いられている。また、配線抵抗の低減のため、従来のAl（抵抗率2.7μΩ・cm）を主成分とする合金よりも、エレクトロマイグレーション耐性に優れ、低抵抗な（1.9μΩ・cm）Cuを配線金属として用いることが多くなっている。

【0003】Cu配線を使用する場合、従来のエッチングプロセスによる加工が困難であるため、CuをエッチングせずにCuの多層配線を実現する方法として、所謂ダマシン法が用いられている。以下、図11(a)~(f)を参照して、ダマシン法を説明する。

【0004】まず、基板又は下層配線層601上に、例えば、SiOFから構成される層間絶縁膜（下地膜）602、エッチングストップ膜603を順に形成する（図11(a)）。次いで、基板表面上に開口604aを有するレジストパターン604を設け（図11(b)）、これをマスクとしてプラズマエッチング等により、エッチングストップ膜603にスルーホール603aを形成する（図11(c)）。さらに、スルーホール603aの形成されたエッチングストップ膜603をマスクとしたパターニングにより配線溝605を形成する（図11(d)）。続いて、金属膜606の密着層であるバリアメタル膜606aをスパッタリング等によって形成した後、金属膜606をめっき等により形成する（図11(e)）。その後、化学的機械的研磨（Chemical Mechanical Polishing: CMP）により、エッチングストップ膜603をストップパとして不用なバリアメタル膜及び金属膜の除去を行うとともに、表面を平坦化する（図11(f)）。以上のような工程によって、配線層が形成され、この工程を繰り返して多層配線層が形成される。

#### 【0005】

【発明が解決しようとする課題】上記したダマシン法では、エッチングストップ膜が用いられ、このエッチングストップ膜は、下地膜のエッチングにおいてはマスクとして働く。従って、下地膜との高いエッチング選択比が求められる。また、エッチングストップ膜は、半導体装置中で層間絶縁膜としての働きも有するので、低い比誘電率、そして、配線金属がCuである場合には特に、低い金属拡散性が求められる。

【0006】このようなエッチングストップ膜としては、SiとNを主要元素として構成されるもの（以下、SiN系膜）、SiとCを主要元素として構成されるもの（以下、SiC系膜）が知られている。しかしながら、SiN系膜の比誘電率は7〜8と高いものである。さらに、下地膜がSiOF等のフッ素含有膜であり、これをプラズマエッチングする場合には、エッチング時に発生したフッ素ラジカル等によってSiN系膜が損傷するなど、エッチング選択比が十分に取れず、加工精度が劣化する。また、SiC系膜（特に、 $\text{CH}_n$ 基を含む膜）は、エッチング選択比が良好であり、比誘電率が5付近のものもあるが、Cuの拡散性が高い。このように、従来のエッチングストップ膜は、ダマシン法による配線構造の形成に必要な条件を十分に満たしてはいなかった。

【0007】従って、本発明は、信頼性の高い半導体装置及びその製造方法の提供を目的とする。

#### 【0008】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本発明の第1の観点に係る半導体装置は、複数の溝又は穴を有する低誘電率の第1の絶縁層と、前記第1の絶縁層上に形成され、前記複数の溝又は穴と重なる複数の開口を有し、SiとCとNとを主たる含有元素とする第2の絶縁層と、前記複数の溝又は穴と前記複数の開口とから形成される複数の配線溝又は穴に埋め込まれた導体層と、を備えたことを特徴とする。

【0009】上記構成によれば、SiとCとNとから構成される第2の絶縁層は、従来の、SiとC又はSiとNとから構成されるエッチングストップ膜と比べて同等又はそれ以下の誘電率を有するとともに、これらのエッチングストップ膜に比べて、第1の絶縁膜との良好なエッチング選択比を有している。このため、信頼性の高い半導体装置が提供される。

【0010】上記構成において、前記第2の絶縁層は、Si原子の数に対するC原子の数の比が0.2〜0.8であり、かつ、Si原子の数に対するN原子の数の比が0.15〜1.0であることが好ましい。SiCN系膜中のSi、C、Nの存在比が上記範囲にある場合、SiCN膜の前記第1の絶縁層に対するエッチング選択比は高く、かつ、Cu拡散性も低減される。

【0011】上記構成において、前記第1の絶縁層は、

フッ化酸化ケイ素又はフッ化カーボンから構成されていてもよい。これらのフッ素含有膜は、プラズマエッチングに際し、フッ素ラジカル等の発生を伴う。しかし、SiCN系の前記第2の絶縁層（エッチングストップ膜）はこれらのラジカルに強く、前記第1の絶縁層に対してエッチング選択比を十分に取れる。

【0012】上記構成において、前記導体層は、Cuから構成されていてもよい。すなわち、SiとCとNとから構成される第2の絶縁層はCu拡散性が低いので、Cuを用いた、信頼性の高い配線層が形成される。

【0013】上記構成において、前記配線溝又は穴にはバリアメタル層が形成され、前記導体層は、前記バリアメタル層の上に形成されていることが好ましい。この構成により、導体層を構成する金属の拡散を抑止することができるだけでなく、導体層と層間絶縁層との密着性を高めることができ、半導体装置の信頼性を向上させることができる。

【0014】上記構成において、さらに、前記第2の絶縁層及び前記導体層の上に形成された、前記第2の絶縁層と同一の構成を有する第3の絶縁層を備えることが好ましい。これにより、Cu等の導体層からの金属の拡散を抑えることができる。

【0015】上記目的を達成するため、本発明の第2の観点に係る半導体装置の製造方法は、第1の絶縁層を形成する工程と、前記第1の絶縁層上に、SiとCとNとを主たる含有元素とする第2の絶縁層を形成する工程と、前記第1の絶縁層の表面が部分的に露出するよう、前記第2の絶縁層を選択的にエッチングして開口を形成する工程と、前記選択的にエッチングされた第2の絶縁層をマスクとして前記第1の絶縁層をエッチングして、配線溝又は穴を形成する工程と、前記開口及び前記配線溝又は穴を埋めて導体層を形成する工程と、前記導体層を、前記第2の絶縁層をストップとして研磨する工程と、を備えたことを特徴とする。

【0016】上記構成によれば、SiとCとNとから構成される第2の絶縁層は、従来の、SiとC又はSiとNとから構成されるエッチングストップ膜と比べて同等又はそれ以下の誘電率を有するとともに、これらのエッチングストップ膜に比べて、一般的な層間絶縁膜である第1の絶縁層との良好なエッチング選択比を有する。このため、信頼性の高い半導体装置の製造することができる。

【0017】上記構成において、前記第2の絶縁層は、Si原子の数に対するC原子の数の比が0.2〜0.8であり、かつ、Si原子の数に対するN原子の数の比が0.15〜1.0であることが好ましい。SiCN系膜中のSi、C、Nの存在比が上記範囲にある場合、SiCN膜の下地膜に対するエッチング選択比は高く、かつ、Cu拡散性も低減される。

【0018】上記構成において、前記第1の絶縁層は、

フッ化酸化ケイ素又はフッ化カーボンから構成されていてもよい。これらのフッ素含有膜は、プラズマエッチングに際し、フッ素ラジカル等の発生を伴う。しかし、SiCN系の前記第2の絶縁層（エッチングストップ膜）はこれらのラジカルに強く、前記第1の絶縁層に対してエッチング選択比を十分に取れる。

【0019】上記構成において、前記導体層は、Cuから構成されていてもよい。すなわち、SiとCとNとから構成される第2の絶縁層はCu拡散性が低いので、Cuを用いた、信頼性の高い配線層が形成される。

【0020】上記構成において、さらに、前記導体層と、前記開口及び前記配線溝又は穴との間にバリアメタル層を形成する工程を備えることが好ましい。この構成により、導体層を構成する金属の拡散を抑止することができるだけでなく、導体層と層間絶縁層との密着性を高めることができ、半導体装置の信頼性を向上させることができる。

【0021】上記構成において、さらに、前記第2の絶縁層及び前記導体層の上に、前記第2の絶縁層と同一の構成を有する第3の絶縁層を形成する工程を備えることが好ましい。これにより、Cu等の導体層からの金属の拡散を抑えることができる。

【0022】

【発明の実施の形態】本発明の実施の形態にかかる半導体装置について、以下図面を参照して説明する。図1は、本実施の形態の半導体装置の構成を示す部分断面図である。この半導体装置は、Si等の基板上に形成されたMOSTランジスタ等の素子を覆う絶縁膜（図示せず）上に多層配線層を形成したものであり、図1は、基板表面に形成された配線層を示している。

【0023】図1に示すように、最上層の配線層HLの下に、第1の下地膜（層間絶縁膜）101、第1の導体層102、第1のエッチングストップ膜105、から構成される下層配線層LLが形成されている。

【0024】第1の下地膜101は、フッ化酸化ケイ素（SiOF）膜、フッ素含有カーボン膜等から構成され、第1のエッチングストップ膜105とともに、第1のトレンチホール103及び第1のビアホール104を形成している。形成された第1のトレンチホール103及び第1のビアホール104には第1の導体層102が形成されている。第1の導体層102は、Cu等の導体から構成される。第1の下地膜101と第1の導体層102との間には、第1のバリアメタル膜102aが形成される。第1のバリアメタル膜102aは、Ta/TaN、W/WN、Ti/TiN等の高融点金属又はその金属の合金の多層膜から構成され、Cu等の金属の拡散を防ぐとともに、下地膜101と導体層102との密着性を高める機能を持つ。第1の導体層102は、さらに下の配線層（図示せず）又はSi基板に接続されている。

【0025】第1のエッチングストップ膜105は、S

iとCとNとを主要元素として構成されたSiCN系の絶縁膜である。このSiCN系膜は、C原子の数のSi原子の数に対する比（C/Si）が0.2～0.8、かつ、N原子の数のSi原子の数に対する比（N/Si）が0.15～1.0であるように組成されている。また、このSiCN系膜の比誘電率は5～5.5であり、エッチングストップ膜として知られているSiN系（SiとNを主要元素とする）膜（7付近）よりも低く、SiC系（SiとCを主要元素とする）膜（5付近）と同程度に低い。

【0026】上述の下層配線層LLの上には、第2の下地膜106及び第2のエッチングストップ膜110が形成されている。下層配線層LLと同様に、第2の下地膜106及び第2のエッチングストップ膜110は、第2のトレンチホール108及び第2のビアホール109を形成し、これらの内部には、第2のバリアメタル膜107aを介して、第2の導体層107が埋め込まれている。

【0027】最上層の配線層HLの上には、第3のエッチングストップ膜111が形成され、これは、SiとCとNとを主要元素として構成された上記第1及び第2のエッチングストップ膜と同じ構成を有し、Cu等からなる導体層からの金属の拡散を抑える機能を有する。さらに第3のエッチングストップ膜111の上には、第3の下地膜112及びパッシベーション膜113（例えば、SiO<sub>2</sub>膜、SiON膜）が順に形成されている。これらは、酸化等されやすい基板表面の保護層である。

【0028】次に、上述した半導体装置の製造方法を説明する。本実施の形態では、半導体装置を、ダマシンの変形である、トレンチホールとビアホールを形成する、デュアルダマシン法を用いて製造する。

【0029】図2～図6は、デュアルダマシン法によるCu配線の形成工程を順に示す図である。以下、図を参照して順次説明を行う。

【0030】まず、図2（a）に示すように、第1の下地膜101、第1の導体層102、第1のエッチングストップ膜105等から構成される下層配線層LL上に、第2の下地膜106、第2のエッチングストップ膜110を順次成膜する。第2の下地膜106は、SiOF膜であり、電子サイクロトロン共鳴（Electron Cyclotron Resonance：ECR）プラズマを用いる化学的気相成長法（Chemical Vapor Deposition：CVD）により、例えば、SiH<sub>4</sub>/SiF<sub>4</sub>/O<sub>2</sub>（流量比：50/50/200）という条件で、0.8μm（8000Å）程度に形成する。

【0031】第2のエッチングストップ膜110は、SiCN系膜であり、ECRプラズマCVD法により0.05μm程度に成膜する。成膜には、例えば、SiH<sub>4</sub>/C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>/N<sub>2</sub>（流量比：10/15/15）の混合ガスが用いられる。

【0032】次に、図2(b)に示すように、有機材料等から構成される第1のレジスト膜201を第2のエッチングストップ膜110上に形成し、フォトリソグラフィ技術によりビアホールのパターン201aを形成する。

【0033】続いて、図3(a)に示すように、ビアホールパターン201aがパターンニングされた第1のレジスト膜201をマスクとして、例えば、 $\text{CF}_4$ のプラズマガスで第2のエッチングストップ膜110をエッチングし、ビアホール形成用の開口部110aを形成する。

【0034】次に、図3(a)に示すように、第2のエッチングストップ膜110をマスクとした異方性エッチングを行い、第2の下地膜106にホール106aを形成する。ここで、第2の下地膜( $\text{SiOF}$ 膜)106のエッチングは、例えば、 $\text{O}_2/\text{CF}_4$ プラズマガスを用いた反応性イオンエッチング(Reactive Ion Etching: RIE)により行えばよい。また、 $\text{O}_2$ プラズマガスが添加されているので、第1のレジスト膜201も同時に除去することができる。

【0035】続いて、図4(a)に示すように、第2のレジスト膜202を第2のエッチングストップ膜110上に塗布し、公知のリソグラフィ技術によりトレンチホールのパターン202aを形成する。この第2のレジスト膜202をマスクとして第2のエッチングストップ膜110を異方性エッチングして、トレンチホール形成用の開口部110bを形成する。

【0036】次に、図4(b)に示すように、トレンチホール形成用の開口部110bが形成された第2のエッチングストップ膜110をマスクとして第2の下地膜106をエッチングする。このとき、エッチング条件を適当に調節することにより、第2の下地膜106の表面から所定の深さまでエッチングする。これにより、第2の下地膜106に、第2のトレンチホール108、第2のビアホール109が形成される。ここで、第2のトレンチホール108及び第2のビアホール109の形成は、上述したホール106aの形成と同様に、例えば、 $\text{O}_2/\text{CF}_4$ プラズマガスを用いたRIEにより行われ、このとき、第2のレジスト膜202も同時にエッチングすることができる。

【0037】続いて、図5(a)に示すように、基板表面全体に、第2のバリアメタル膜107a及び第2の導体層107を順に形成する。第2のバリアメタル膜107aは、例えば、 $\text{TaN}$ 層と $\text{Ta}$ 層から構成される膜( $\text{Ta}/\text{TaN}$ )であり、例えば、スパッタリングにより形成される。また、第2の導体層107は、例えば、 $\text{Cu}$ 膜であり、スパッタリングにより $\text{Cu}$ シード層を形成した後、無電解めっき法等により形成される。その後、図5(b)に示すように、化学的機械的研磨(Chemical Mechanical Polishing: CMP)により、余分なバリアメタル及び $\text{Cu}$ を研磨して除去する。

【0038】最後に、図6に示すように、基板表面上に第3のエッチングストップ膜111を $0.05\mu\text{m}$ 、上記第2のエッチングストップ膜110と同一の成膜条件で成膜する。さらに、第3の下地膜112を $0.05\mu\text{m}$ 、そして、パッシベーション膜( $\text{SiO}_2$ 膜)113を $0.8\mu\text{m}$ で順に形成する。ここで、この3層の膜の形成はECRプラズマCVD法で、同一のチャンバ内で連続的に行われる。このように、デュアルダマシン法を用いて、本実施の形態の半導体装置を製造することができる。

【0039】ここで、上述した半導体装置の製造工程で、第2の下地膜106のエッチングのマスクとして用いた $\text{SiCN}$ 系膜について説明する。図7は、上述したECRプラズマCVD法による $\text{SiCN}$ 系エッチングストップ膜の成膜において、原料ガスである $\text{C}_2\text{H}_4$ ガス及び $\text{N}_2$ ガスの混合比を変化させて成膜し、各成膜条件(I~VII)で形成された $\text{SiCN}$ 系膜中の $\text{Si}$ 原子数に対する $\text{C}$ 原子数と $\text{N}$ 原子数の比を調べた結果を示す。ここで、 $\text{SiCN}$ 系膜の形成は、 $\text{SiH}_4$ ガスと $\text{C}_2\text{H}_4$ ガスと $\text{N}_2$ ガスとの混合ガスを用い、流量比を $\text{SiH}_4$ ガス/ $(\text{C}_2\text{H}_4$ ガス+ $\text{N}_2$ ガス) $=10/30$ に固定して、 $\text{C}_2\text{H}_4$ ガスと $\text{N}_2$ ガスの混合比を変化させて行った。また、膜中の $\text{Si}$ 、 $\text{C}$ 、 $\text{N}$ の各原子数の比は、ラザフォード後方拡散法(Rutherford Backscattering Spectroscopy: RBS)により算出した。

【0040】図7よりわかるように、形成される膜中の $\text{C}$ と $\text{N}$ の存在比は、必ずしも用いられる $\text{C}$ 含有ガスと $\text{N}$ 含有ガスの混合比とは一致しないが、混合比に従って変化していることがわかる。すなわち、 $\text{C}_2\text{H}_4$ ガスの混合比を上げれば( $\text{N}_2$ ガスの混合比を下げれば)、形成される膜中の $\text{C}$ 原子の存在比が上がり( $\text{N}$ 原子の存在比が下がり)、この逆とすれば、 $\text{C}$ 原子の存在比は下がる( $\text{N}$ 原子の存在比は上がる)。ここで、条件Iでは、 $\text{C}_2\text{H}_4$ ガスを使用しないので、 $\text{C}$ 原子を含まない $\text{SiN}$ 系膜が形成される。また、条件VIIでは、 $\text{N}_2$ ガスを使用しないので、 $\text{N}$ 原子を含まない $\text{SiC}$ 系膜が形成される。

【0041】以下では、上記成膜条件(I~VII)で形成された膜について、エッチング選択比及び金属の拡散性について説明する。図8は、 $\text{SiCN}$ 系膜のエッチング選択性に関して調べた結果であり、 $\text{SiN}$ 系膜(条件I)のエッチングレートを1としたときの、他の条件下で形成された $\text{SiCN}$ 系膜のエッチングレート比を示す。ここで、エッチングは、 $\text{O}_2/\text{CF}_4$ プラズマガスを用い、下地膜は $\text{SiOF}$ 膜である。

【0042】図8よりわかるように、膜中の $\text{C}$ 含有率が上昇するにつれ、エッチングレート比は増大し、条件VII( $\text{SiC}$ 系膜)では、条件I( $\text{SiN}$ 系膜)の2倍弱の値を示している。つまり、膜中の $\text{C}$ 含有率が高い程選択比が取れ、従って、エッチング形状は良好になる。

このように、C原子の数のSi原子の数に対する比(C/Si)が少なくとも0.2以上であれば、良好なエッチング形状が得られる。

【0043】図9は、SiCN系膜の金属拡散性、特に、Cuの拡散性について調べた結果である。Cuは、従来配線として用いられる金属の中で、最も拡散性の高い金属である。具体的には、Si層上に、上記条件(I~VII)下で成膜された膜500Å(0.05μm)の上にCu層2000Å(0.2μm)を形成し、450℃で7時間熱処理を施した後に、Si/SiCN界面でのCuのSIMS(Secondary Ion Mass Spectroscopy)強度を調べた。一般に、上記条件下で、SIMSによりCuのSi層への拡散が検出されなければデバイス使用上は問題ないとされる。

【0044】図9よりわかるように、条件I~VIでは、Si層へのCuの拡散量はSIMSの検出限界以下であり、成膜条件VIIでの膜(SiC系膜)のみにCuの拡散が検出された。このように、膜中にN原子が、少なくともN原子の数のSi原子の数に対する比(N/Si)が0.15以上であるように存在していればCuの拡散が抑えられることがわかる。

【0045】よって、図7~図9に示されるように、C/Siが0.2~0.8であり、かつ、N/Siが0.15~1.0の組成を有する本実施の形態のSiCN系膜は、低比誘電率(5~5.5)であるとともに、良好なエッチング選択性及び金属拡散性を備えたエッチングストップ膜であることがわかる。

【0046】以上説明したように、本発明によれば、SiとCとNとを主要元素として含有し、信頼性の高い半導体装置及びその製造方法が提供される。詳細には、低誘電率性、下地膜との高いエッチング選択比、及び、低いCu拡散性を有する、ダマシン法に適したエッチングストップ膜を備えた半導体装置及びその製造方法が提供される。

【0047】本発明は、上記の実施の形態に限られず、種々の変形、応用が可能である。以下、本発明に適用可能な上記の実施の形態の変形態様について、説明する。

【0048】上記実施の形態では、エッチングストップ膜であるSiCN系膜は、ECRプラズマCVDにより成膜した。が、成膜方法はこれに限られず、誘導結合型(Inductive Coupled Plasma: ICP)、ヘリコン(Helicon)型、平行平板型等のプラズマCVDであってもよい。

【0049】上記実施の形態では、配線を構成する導体層はCuから構成されるとしたが、Cuに限らず、Al或いはAl含有合金等であってもよい。

【0050】上記実施の形態では、下地膜のエッチングガスとしてO<sub>2</sub>/CF<sub>4</sub>ガスを用いるものとした。しかしながら、O<sub>2</sub>/CF<sub>4</sub>ガスの代わりにH<sub>2</sub>ガスとArガスとN<sub>2</sub>ガスとの混合ガスなどのプラズマを用いるこ

とも可能である。また、CF<sub>4</sub>ガスは、C<sub>m</sub>F<sub>n</sub>(m, nは0以上の整数)のクロロカーボン系のガスを使用することができる。

【0051】上記実施の形態では、エッチングストップ膜111、SiOF膜112、パッシベーション膜113の、ECRプラズマCVD法による成膜は同一のチャンバ内で行った。しかし、これに限られず、エッチングストップ膜111を1つのチャンバ内で形成し、SiOF膜112とパッシベーション膜113を別のチャンバ内で形成する、或いは、全ての成膜を個別のチャンバで行い、さらに、別々のプラズマ処理方法を用いるものとしてもよい。しかし、一般に、半導体材料は酸化又は水分吸着し易いので、高真空かつ清浄空気条件下の同一のチャンバ内で全ての処理を行うことが好ましい。

【0052】上記実施の形態では、SiCN系膜は、SiH<sub>4</sub>とC<sub>2</sub>H<sub>4</sub>とN<sub>2</sub>を原料ガス化合物として形成した。しかし、原料化合物としては、Si、C、Nを含む化合物であって、単体で、又は、これらを適当に組み合わせた反応によりSiCN系膜が形成されるものならいかなるものでもよい。

【0053】例えば、本実施の形態のように、Si、C、Nをそれぞれ含む3種の原料ガス化合物を用いる場合には、Si含有化合物としてSiH<sub>4</sub>を、C含有化合物としてC<sub>2</sub>H<sub>4</sub>、CH<sub>4</sub>、C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>、C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>、C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>等を、N含有化合物としてN<sub>2</sub>、NF<sub>3</sub>、N<sub>2</sub>O、N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>、NO、N<sub>3</sub>H<sub>8</sub>等を適当に組み合わせればよい。

【0054】また、Si及びCを含む原料化合物と、Nを含む原料化合物の2種のガスを混合して成膜してもよい。この場合、N含有化合物としては上記したものを用い、Si及びCを含む化合物としてアルキルシラン、アルコキシシラン等の有機シランを用いて、これらを適当に組み合わせればよい。アルキルシランとしては、例えば、メチルシラン(SiH<sub>3</sub>(CH<sub>3</sub>))、ジメチルシラン(SiH<sub>2</sub>(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>)、トリメチルシラン(SiH(CH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>)、テトラメチルシラン(Si(CH<sub>3</sub>)<sub>4</sub>)といったメチル化シランが挙げられ、アルコキシシランとしては、例えば、トリメトキシメチルシラン(Si(CH<sub>3</sub>)(OCH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>)といったメトキシ化シランが挙げられる。また、これとは逆に、Si及びNを含む原料ガスとCを含む原料ガスを混合するようしてもよい。この場合、C含有化合物としては、上記のものから選択し、Si及びNを含む化合物としては、例えば、ジシラザン(SiH<sub>3</sub>-NH-SiH<sub>3</sub>)を用いて、これらを適当に組み合わせればよい。

【0055】さらには、Si、C、Nを全て含む化合物を原料ガスとして用いることも可能である。このような化合物としては、シラザン結合(-Si-N-)を有する有機シラザン化合物を用いることができる。有機シラザン化合物を用いる場合、例えば、プラズマCVD法に

より熱重合させて成膜することができる。使用可能な有機シラザン化合物としては、例えば、トリエチルシラザン ( $\text{SiEt}_3\text{NH}_2$ )、トリプロピルシラザン ( $\text{SiPr}_3\text{NH}_2$ )、トリフェニルシラザン ( $\text{SiPh}_3\text{NH}_2$ )、テトラメチルジシラザン ( $\text{SiMe}_2\text{H}-\text{NH}-\text{SiMe}_2\text{H}$ )、ヘキサメチルジシラザン ( $\text{SiMe}_3-\text{NH}-\text{SiMe}_3$ )、ヘキサエチルジシラザン ( $\text{SiEt}_3-\text{NH}-\text{SiEt}_3$ )、ヘキサフェニルジシラザン ( $\text{SiPh}_3-\text{NH}-\text{SiPh}_3$ )、ヘプタメチルジシラザン ( $\text{SiMe}_3-\text{NMe}-\text{SiMe}_3$ )、ジプロピル-テトラメチルジシラザン ( $\text{SiPrMe}_2-\text{NH}-\text{SiPrMe}_2$ )、ジ-n-ブチル-テトラメチルジシラザン ( $\text{SiBuMe}_2-\text{NH}-\text{SiBuMe}_2$ )、ジ-n-オクチル-テトラメチルジシラザン ( $\text{SiOCMe}_2-\text{NH}-\text{SiOCMe}_2$ )、トリエチル-トリメチルシクロトリシラザン ( $(\text{SiEtH}-\text{NMe})_3$ )、ヘキサメチルシクロトリシラザン ( $(\text{SiMe}_2-\text{NH})_3$ )、ヘキサエチルシクロトリシラザン ( $(\text{SiEt}_2-\text{NH})_3$ )、ヘキサフェニルシクロトリシラザン ( $(\text{SiPh}_2-\text{NH})_3$ )、オクタメチルシクロテトラシラザン ( $(\text{SiMe}_2-\text{NH})_4$ )、オクタエチルシクロテトラシラザン ( $(\text{SiEt}_2-\text{NH})_4$ )、テトラエチル-テトラメチルシクロテトラシラザン ( $(\text{SiHEt}-\text{NMe})_4$ )、シアノプロピルメチルシクロシラザン ( $\text{SiMeNC}(\text{CH}_2)_3-\text{NH}$ )、テトラフェニルジメチルジシラザン ( $\text{SiMePh}_2-\text{NH}-\text{SiMePh}_2$ )、ジフェニル-テトラメチルジシラザン ( $(\text{SiMe}_2\text{Ph})_2-\text{NH}$ )、トリビニル-トリメチルシクロトリシラザン ( $(\text{CH}_2=\text{CH}-\text{SiMe}-\text{NH})_3$ )、テトラビニル-テトラメチルシクロテトラシラザン ( $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{SiMe}-\text{NH})_4$ 、ジビニル-テトラメチルジシラザン ( $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{SiMe}_2-\text{NH}-\text{SiMe}_2-\text{CH}=\text{CH}_2$ ) が挙げられる。上記式中、Meはメチル基 ( $\text{CH}_3$ )、Etはエチル基 ( $\text{C}_2\text{H}_5$ )、Prはプロピル基 ( $\text{C}_3\text{H}_7$ )、Ocはn-オクチル基 ( $\text{n}-\text{C}_8\text{H}_{17}$ )、Phはフェニル基 ( $\text{C}_6\text{H}_5$ ) を示す。

【0056】また、上記の例では、Si、C、Nを含む原料ガスが各1種類あればよいものとしたが、これに限らず、例えば、有機シラザンと $\text{N}_2$ の他に $\text{C}_2\text{H}_2$ を加えたガスや、有機シラザンの他に $\text{N}_2$ を加えたガスを用いてもよい。

【0057】上記実施の形態では、 $\text{SiOF}$ 等からなる1層の層間絶縁膜上にSi、C、Nからなるエッチングストップ膜を形成し、このエッチングストップ膜をマスクとしてビアホール及びトレンチホールを形成した。しかし、本実施の形態のエッチングストップ膜を用いた配線層の形成工程は上記工程に限られない。例えば、ダマシン法の、図11(a)～(d)に示す工程を2回用いて、ビアホール、トレンチホールを順に形成して、図1

0に示す構成としてもよい。この場合、まず、上述したSi、C、Nを主要元素として含むビアホール形成用エッチングストップ膜502をマスクとして用い、下層絶縁層501を選択的にエッチングしてビアホール504を形成する。続いて、上層絶縁層503を形成し、レジスト膜等をマスクとしたエッチングによりトレンチホール505を形成する。

【0058】上記したような、絶縁層501、503の間にエッチングストップ膜502を挟み込むような構成として配線層を形成することにより、トレンチホールを所定の深さにエッチングする際に問題となる、トレンチホール505の底部が平坦とならない、或いは、被処理ウェハの中心部と端部に形成されるトレンチホール505の深さが異なる、等のエッチング形状のばらつきを抑えることができる。また、図10に示す構成においても、上記実施の形態に示したように、Si、C、Nを主要元素として含むエッチングストップ膜は、低い比誘電率を有するので絶縁膜として十分に機能する。

#### 【0059】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、信頼性の高い半導体装置及び半導体装置の製造方法が提供される。より詳細には、低誘電率性、下地膜との高いエッチング選択比、及び、低金属拡散性を有するエッチングストップ膜を備えた半導体装置及びその製造方法が提供される。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態にかかる半導体装置の部分断面図である。

【図2】本発明の実施の形態にかかる半導体装置の製造工程を順に示す図である。

【図3】本発明の実施の形態にかかる半導体装置の製造工程を順に示す図である。

【図4】本発明の実施の形態にかかる半導体装置の製造工程を順に示す図である。

【図5】本発明の実施の形態にかかる半導体装置の製造工程を順に示す図である。

【図6】本発明の実施の形態にかかる半導体装置の製造工程を順に示す図である。

【図7】C、Nの含有比を変えて形成したSiCN系膜の組成を示す図である。

【図8】図7に示すCN組成を有するSiCN系膜の、SiN系膜のエッチングレートとした場合のエッチングレート比を示す図である。

【図9】図7に示すCN組成を有するSiCN系膜のCu拡散性について、SiMS強度について調べた結果を示す図である。

【図10】本発明の他の実施の形態にかかる半導体装置の部分断面図である。

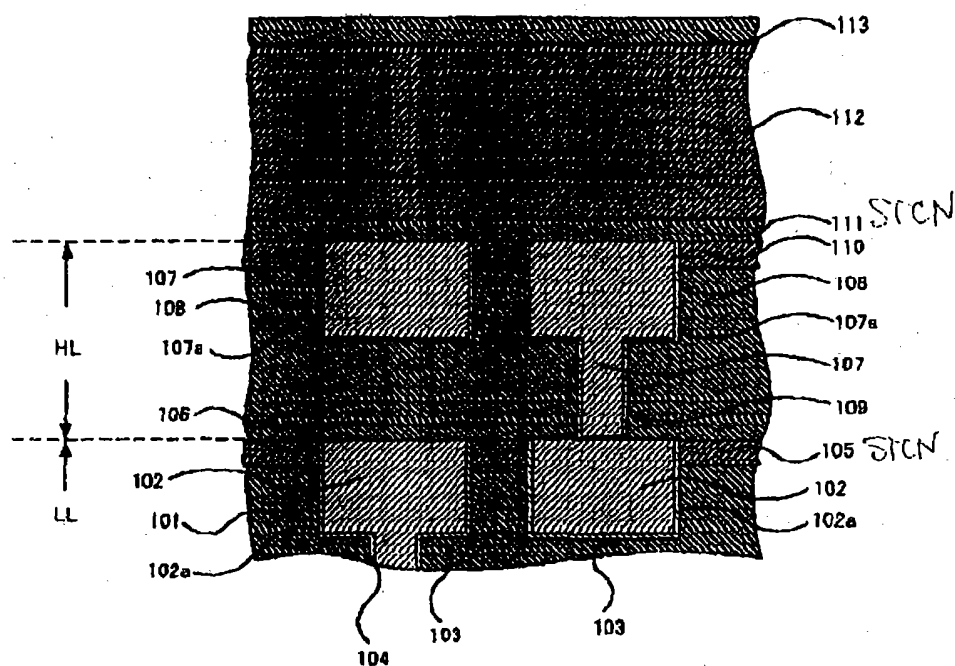
【図11】ダマシン法による配線層の形成工程を順に示す図である。

【符号の説明】

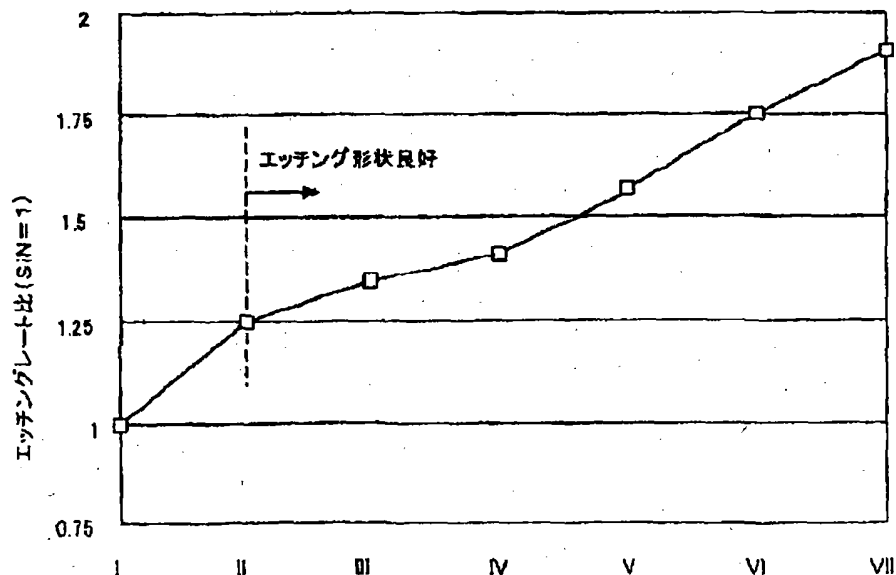
101 第1の下地膜  
102 第1の導体層  
102a 第1のバリアメタル膜  
103 第1のトレンチホール  
104 第1のビアホール  
105 第1のエッチングストップパ膜  
106 第2の下地膜  
107 第2の導体層

107a 第2のバリアメタル膜  
108 第2のトレンチホール  
109 第2のビアホール  
110 第2のエッチングストップパ膜  
111 第3のエッチングストップパ膜  
112 第3の下地膜  
113 パッシベーション膜  
201 第1のレジスト膜  
202 第2のレジスト膜

【図1】

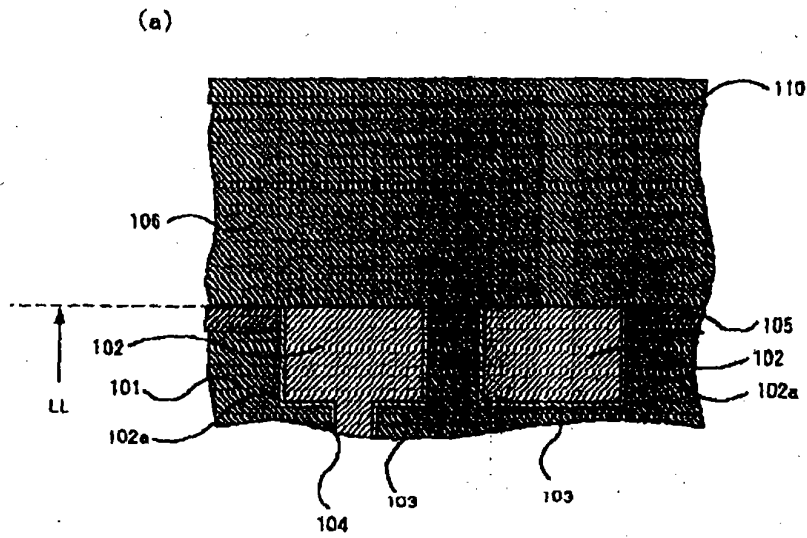


【図8】

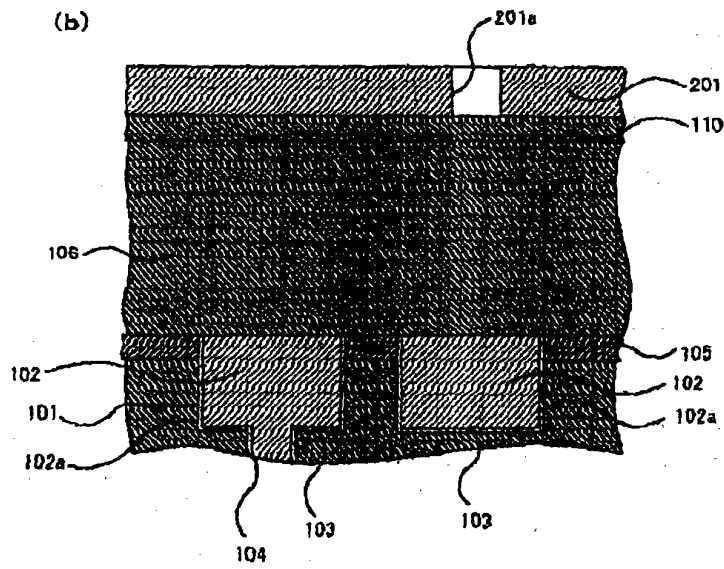
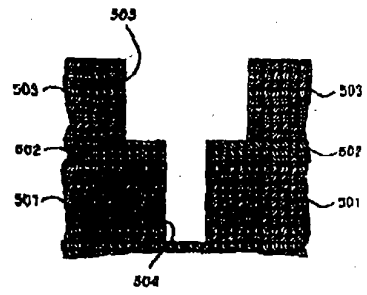




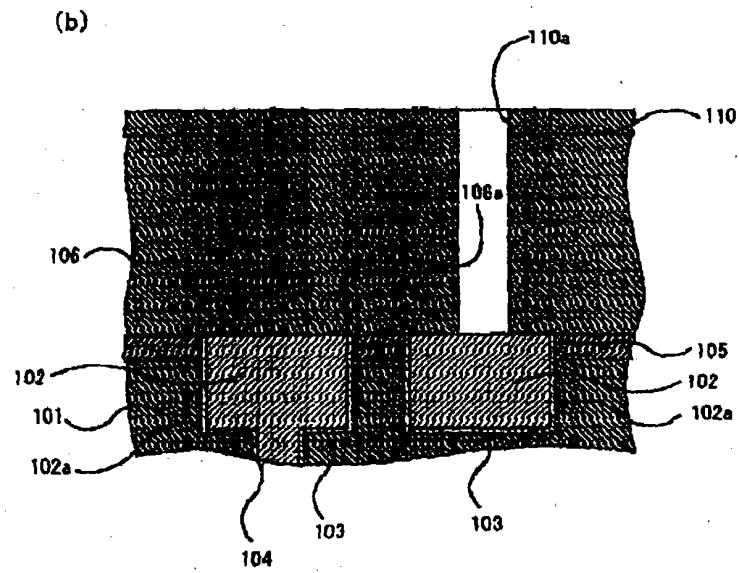
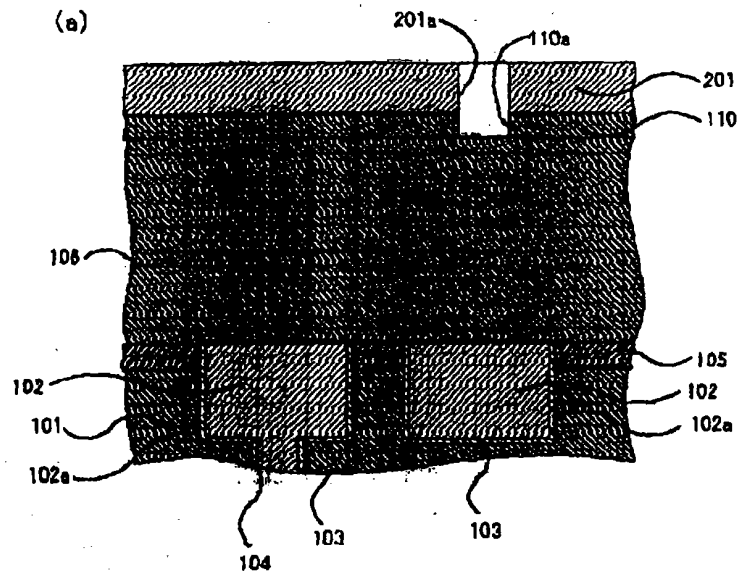
【図2】



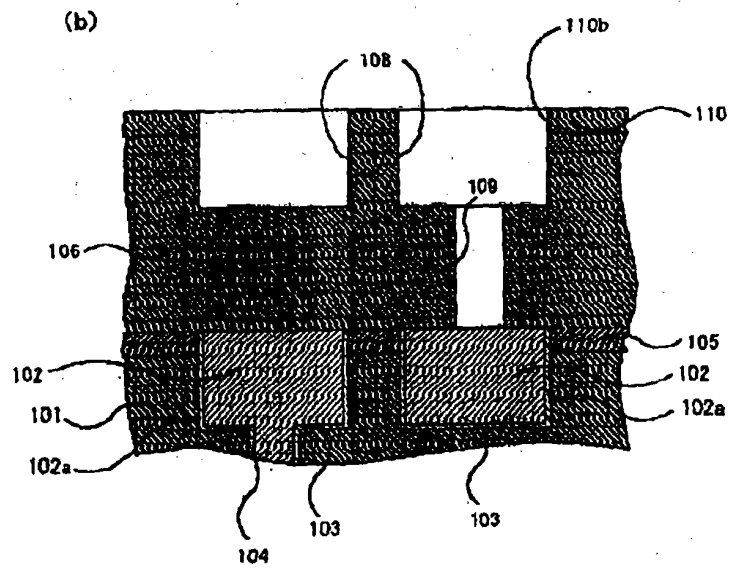
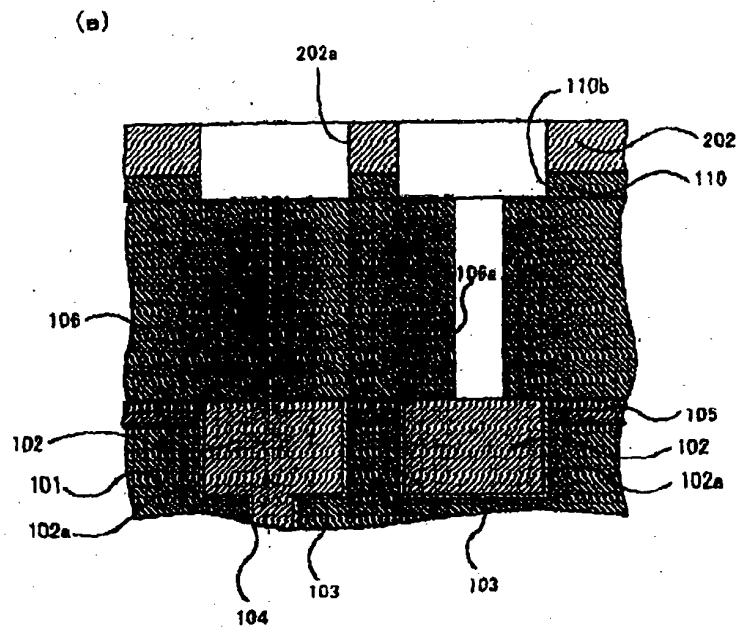
【図10】



【図3】

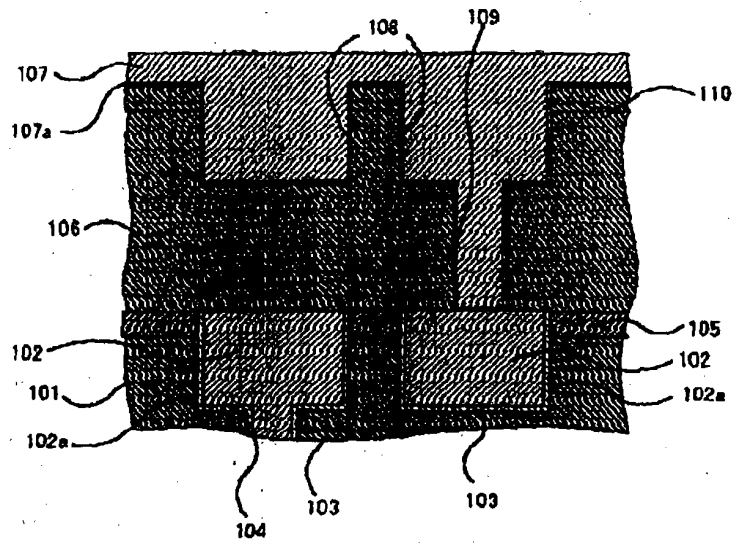


【図4】

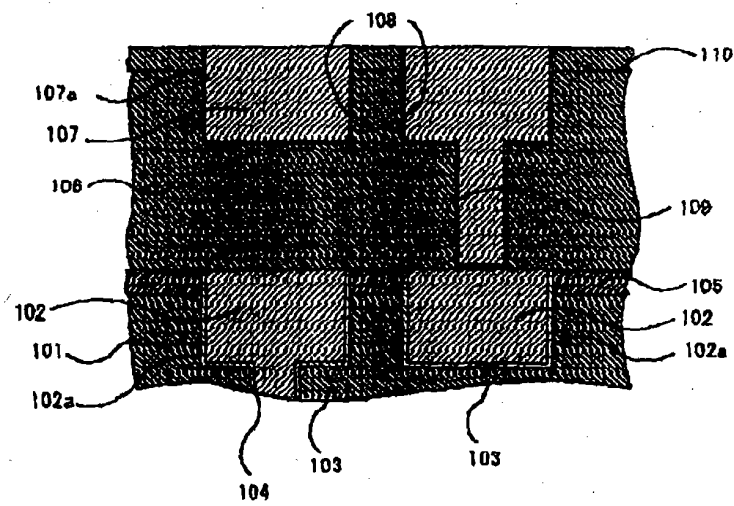


【圖5】

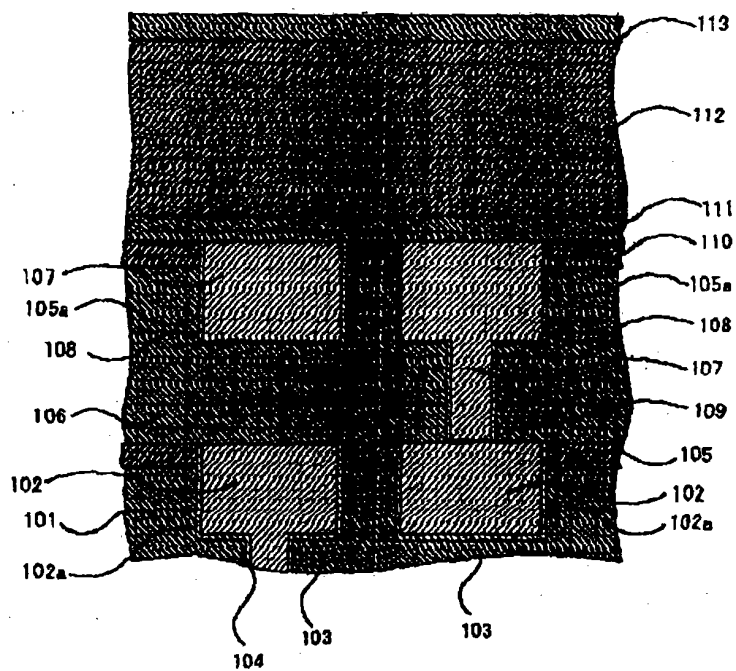
(a)



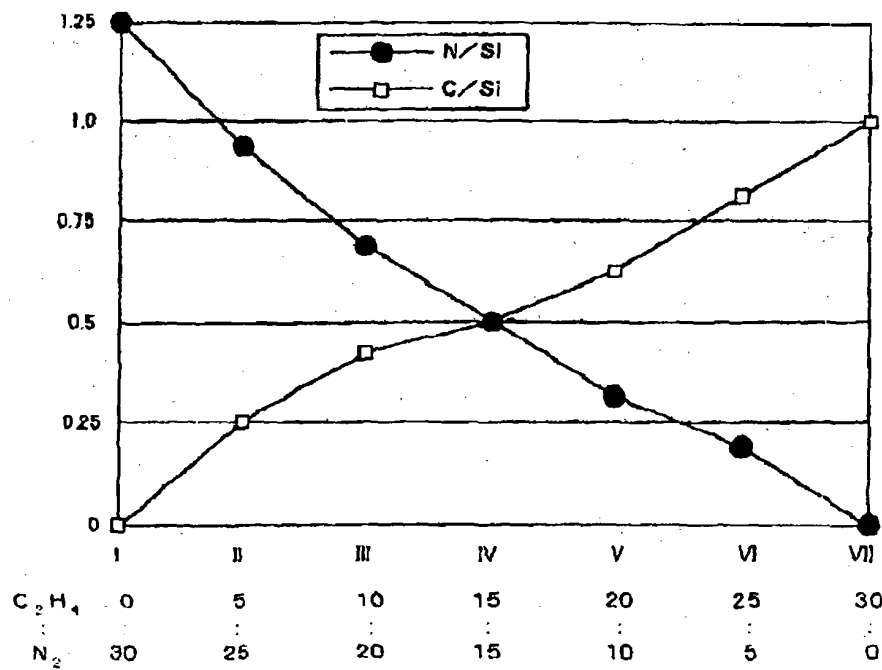
(b)



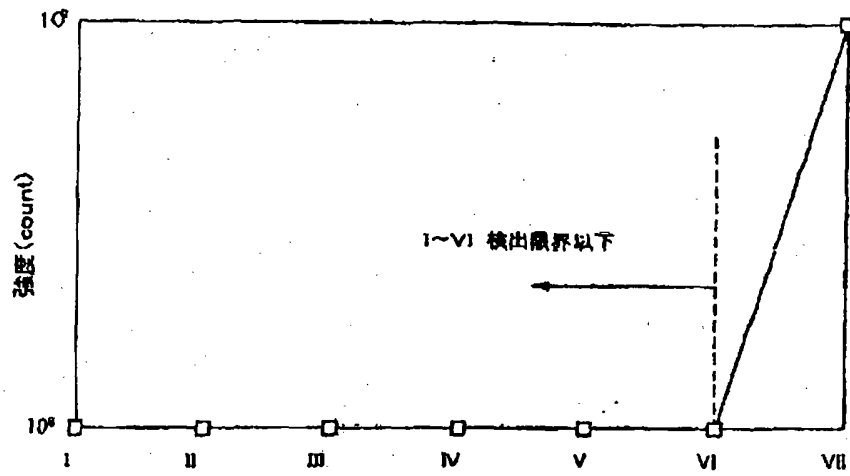
【图6】



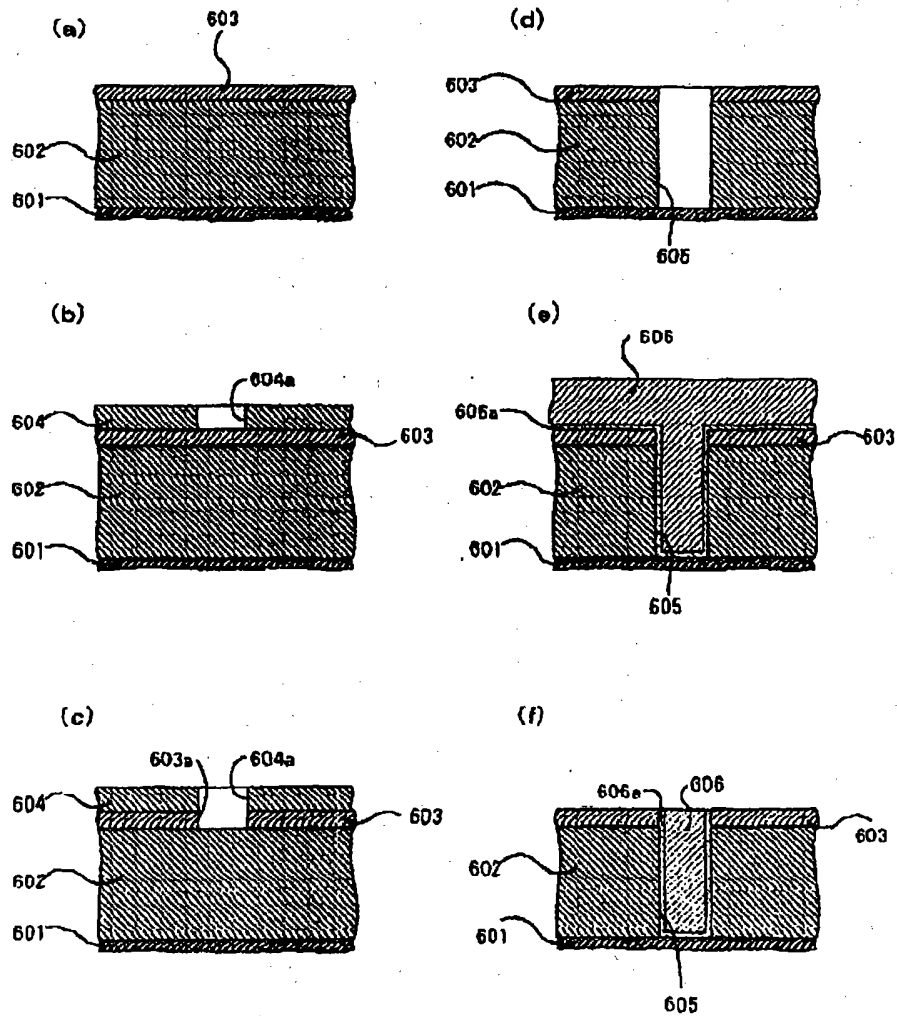
【图7】



【图9】



【图11】



フロントページの続き

(72)発明者 川村 剛平

山梨県韮崎市穂坂町三ツ沢650 東京エレ

クトロン株式会社内

Ｆターム(参考) 5F033 HH08 HH09 HH11 HH18 HH19

HH21 HH32 HH33 HH34 JJ01

JJ08 JJ09 JJ11 JJ18 JJ19

JJ21 JJ32 JJ33 JJ34 KK01

KK08 KK09 KK11 KK18 KK19

KK21 KK32 KK33 KK34 MM02

MM12 MM13 NN06 NN07 PP15

PP28 PP33 QQ12 QQ13 QQ16

QQ25 QQ28 QQ30 QQ37 QQ48

RR01 RR04 RR05 RR08 RR11

RR12 RR20 SS02 SS03 SS15

TT02 XX24 XX28

5F058 BA05 BA20 BD02 BD04 BD06

BD10 BD18 BF09 BF23 BF24

BF26 BF29 BF30 BJ02